

Рачунарске мреже (вежбе - термин 4)

Мрежни слој

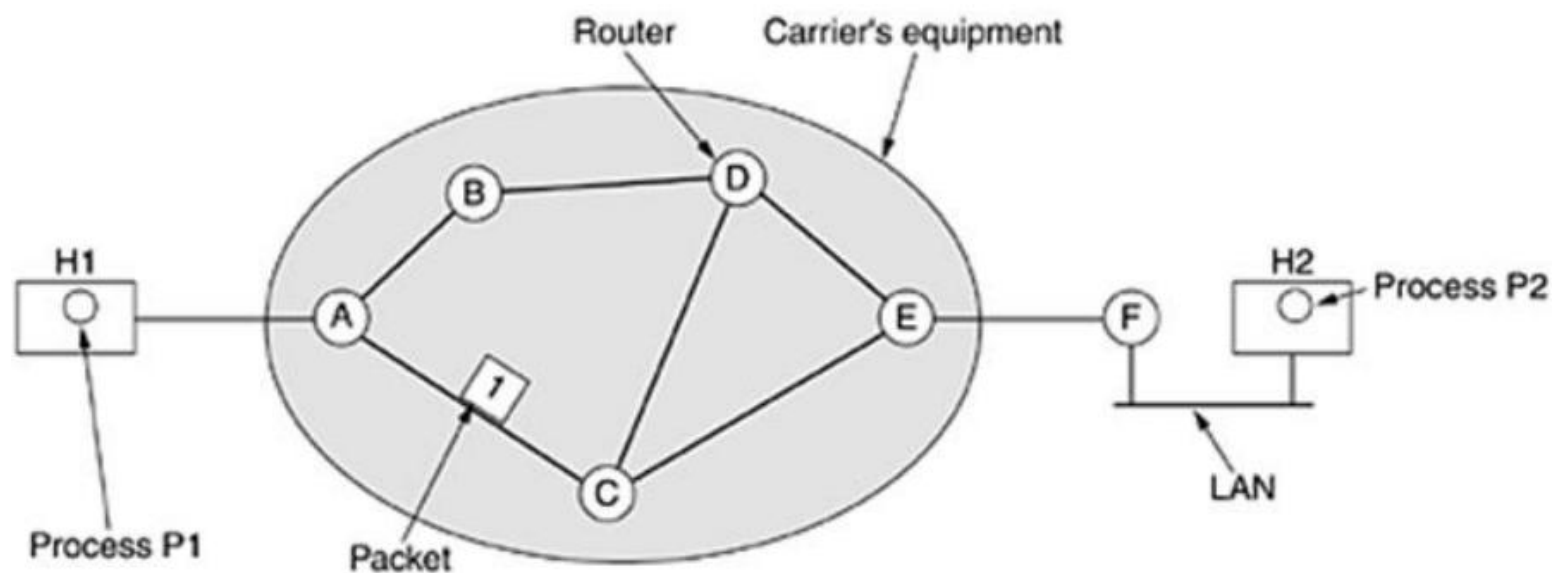
Мрежни слој

- ▶ Задатак мрежног слоја је да пакете од изворишта до одредишта спроведе целим путем, што значи да треба да их провуче кроз све успутне рутере (усмериваче). Тај задатак је јасно издвојен од задатка слоја везе података који само треба да пребаци оквир с једног краја везе на други.
- ▶ Да би ефикасно остварио задатак, мрежни слој мора да познаје топологију комуникационе подмреже, тј. скупа рутера (усмеривача).

Мрежни слој - Комутирање техником „чувај и проследи“

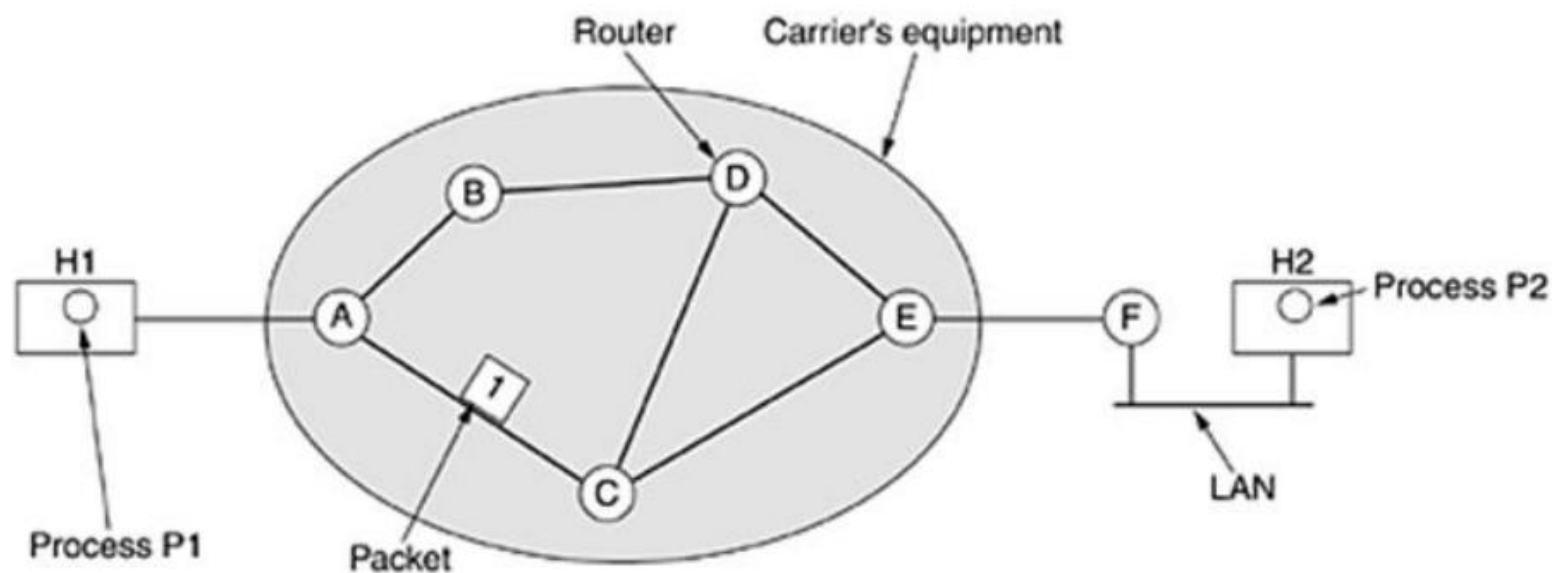
► Главне компоненте система чини:

1. опрема компаније за преношење података (рутери повезани преносним линијама)
2. корисничка опрема изван тог домена.



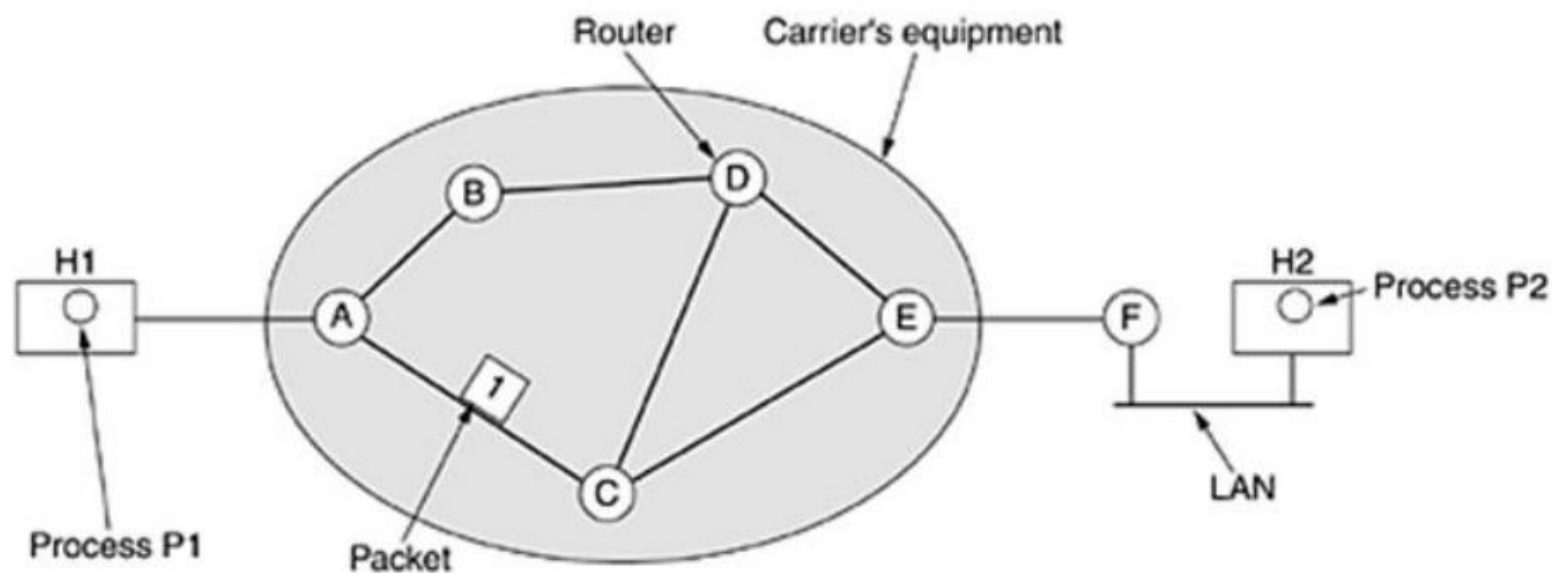
Мрежни слој - Комутирање техником „чувај и проследи“

- ▶ На пример, рачунар H1 директно је везан за један од рутера, док се рачунар H2 налази на некој локалној мрежи која је преко рутера F везана изнајмљеном линијом.



Мрежни слој - Комутирање техником „чувај и проследи“

- Рачунар који има пакет за слање упућује га најближем усмеривачу на сопственој локалној мрежи или преко линије од тачке до тачке усмеривачу преносиоца података. Пакет се тамо чува док не стигне у потпуности да би могао да му се провери контролни збир. Затим се на исти начин шаље следећем усмеривачу на путањи, све док не стигне на одредиште, где се испоручује.

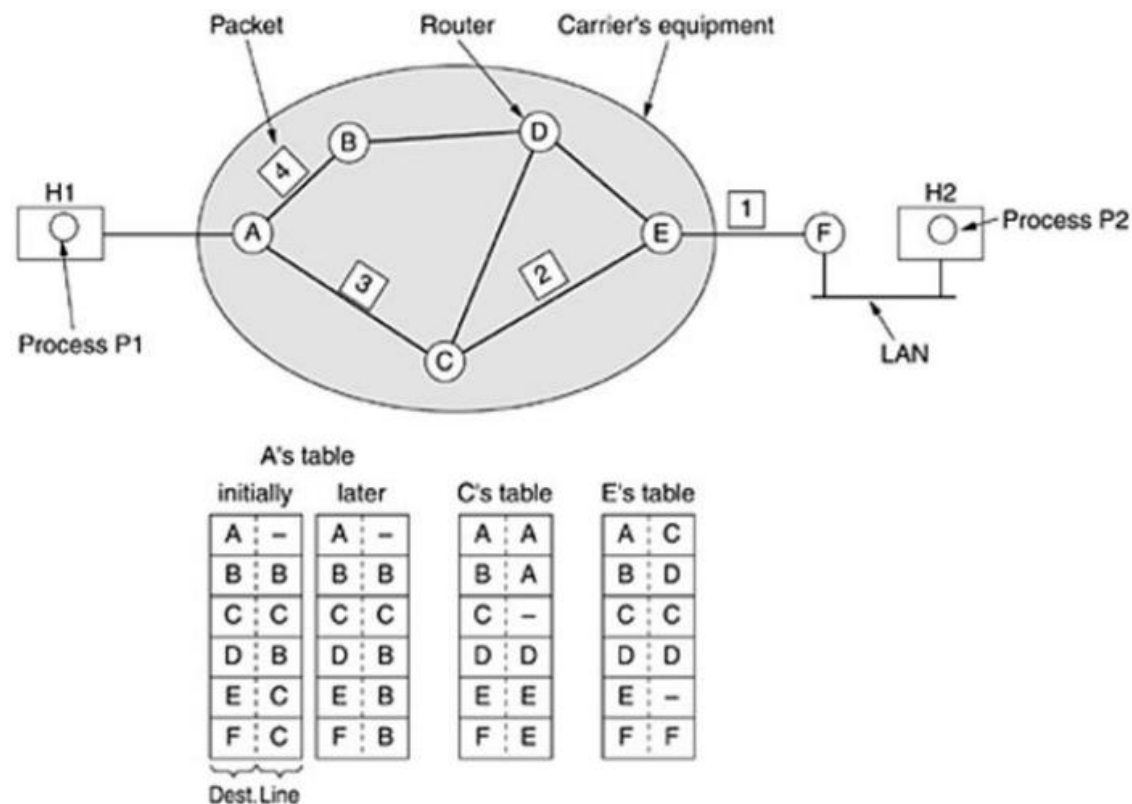


Мрежни слој - Услуге које обезбеђује транспортном слоју

- ▶ Мрежни слој обезбеђује услуге транспортном слоју на интерфејсу између њих. Услуге мрежног слоја су пројектоване имајући на уму следеће:
 - ▶ Услуге треба да буду независне од технологије рутера
 - ▶ Транспортни слој не сме да зна ништа о броју, врстама и топологији рутера
 - ▶ Мрежне адресе морају да буду униформно означене и у локалним мрежама
- ▶ Актуелна су два начина приступа услугама мрежног слоја:
 - ▶ Без успостављања директне везе
 - ▶ Са успостављањем директне везе

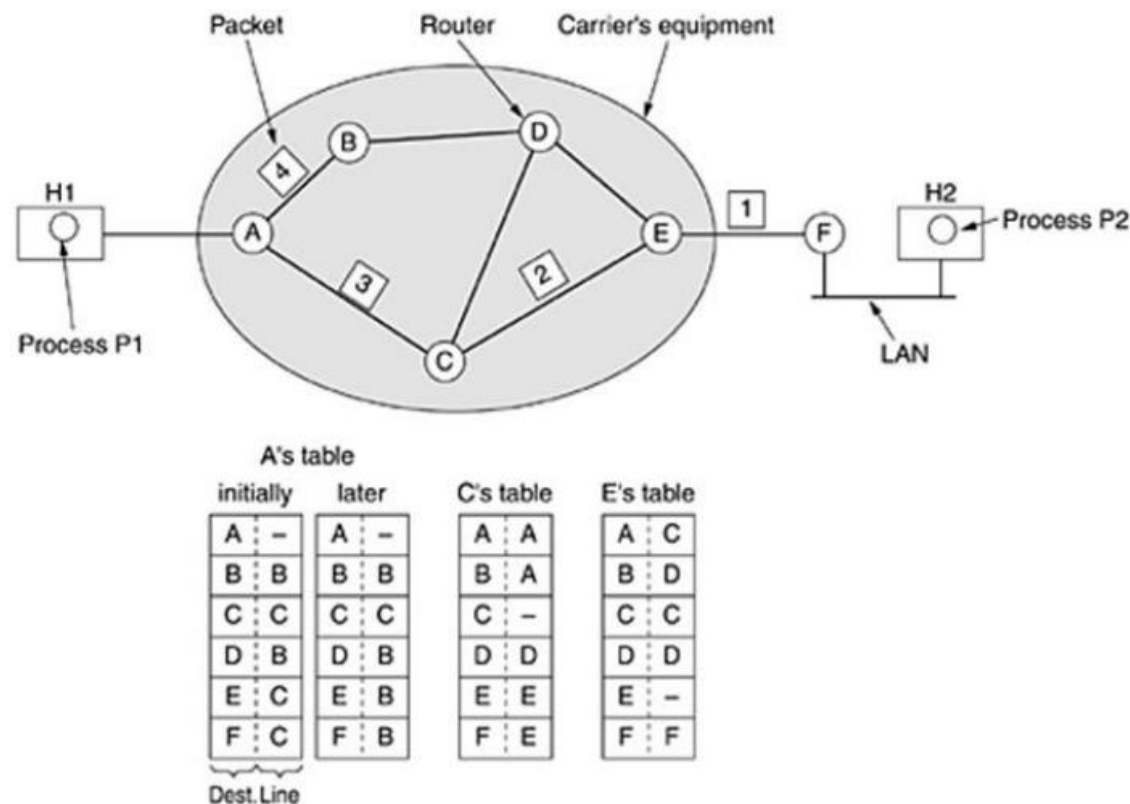
Мрежни слој - Реализација услуге без запостављање директне везе

- Ако се нуди услуга без успостављања директне везе, пакети се у подмрежу упућују независно један од другог. Ова услуга се често назива и услугом datagrama (по аналогији са телеграмом).



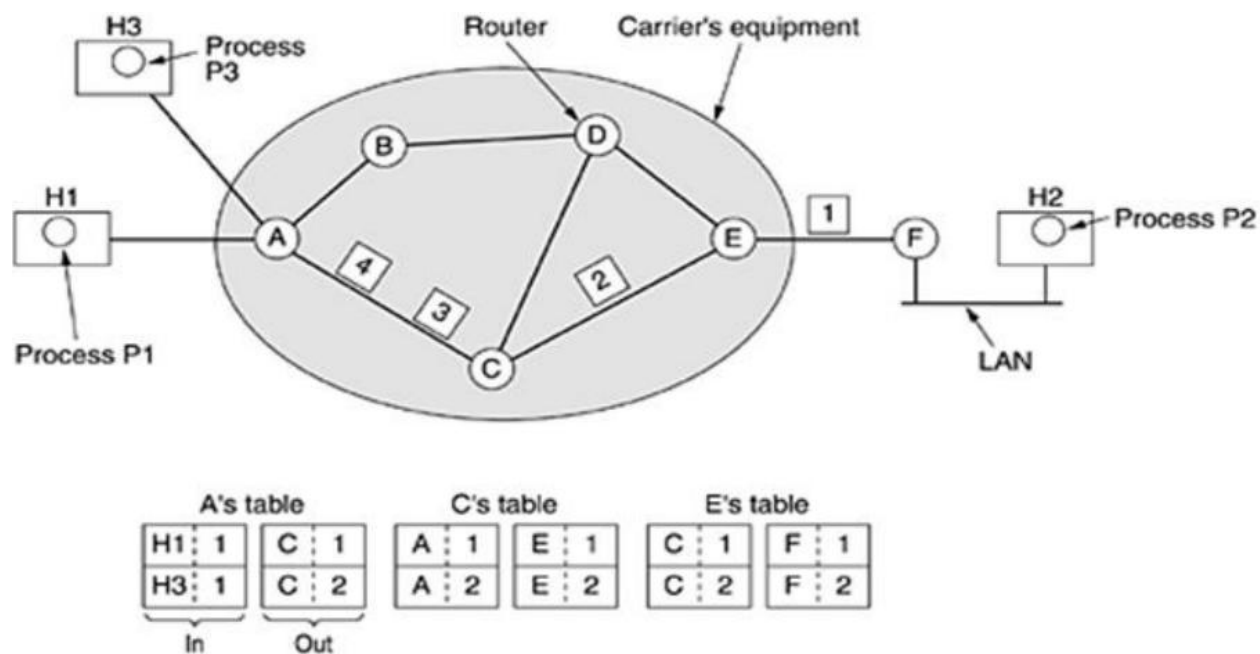
Мрежни слој - Реализација услуге без запостављање директне везе

- ▶ На слици је дат пример усмеравања на датаграмској подмрежи. Преноси се дугачка порука која се дели на 4 пакета са ознакама 1,2,3 и 4.
- ▶ Сваки усмеривач има интерну табелу са смеровима за свако могуће одредиште.
- ▶ Пакет број 4 из неког разлога (можда прекид линије ACE) прати другу путању, јер га рутер А усмерава према ажурираној табели.
- ▶ Алгоритам који ради са табелама и доноси одлуке о усмеравању назива се алгоритам за рутирање.



Мрежни слој - Реализација услуге са запостављање директне везе

- За услугу са успостављањем директне везе потребна су тзв. виртуелна кола (Virtual Circuit- VC)
- Виртуелна кола су створена да се не би за сваки пакет измишљала нова путања. Уместо тога, када се веза успостави, путања између изворишта и одредишта се уписује у табеле рутера

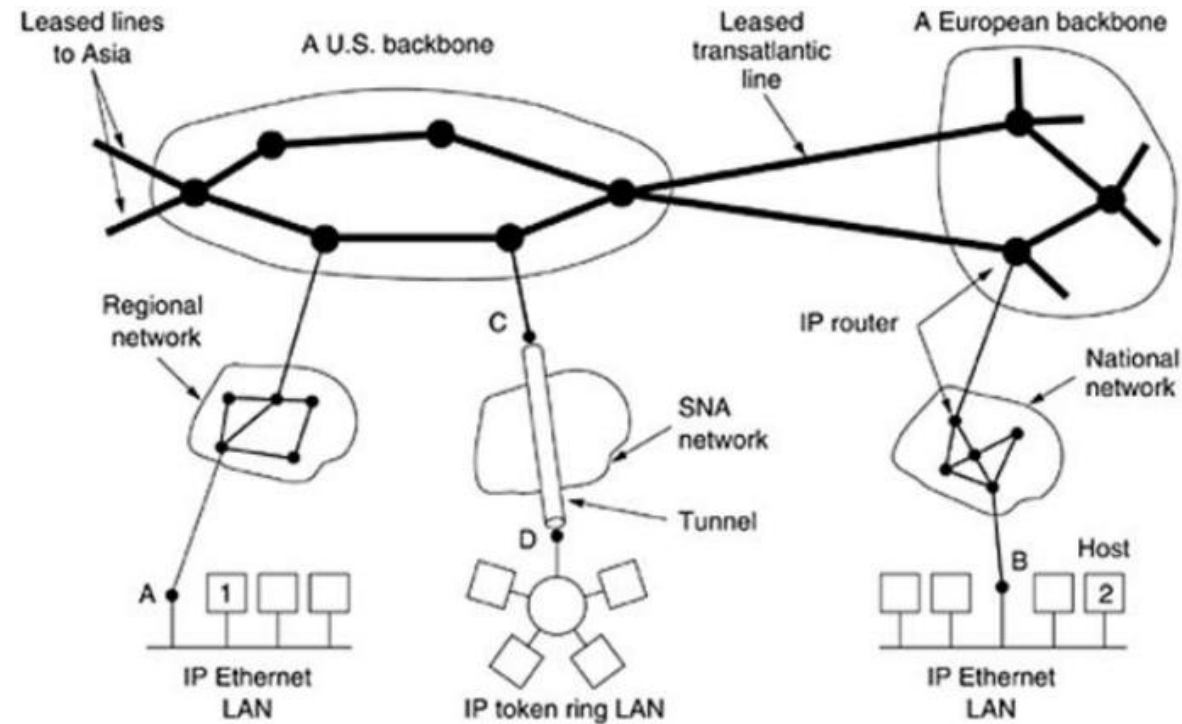


Мрежни слој на интернет

- ▶ Читав интернет на окупу држи протокол мрежног слоја, тзв. протокол IP (Internet Protocol). За разлику од неких старијих протокола, IP је од почетка пројектован за међумрежни рад.
- ▶ Дакле, задатак IP протокола је да на најбољи начин (наравно, не гарантовано) **обезбеди пренос датаграма од изворишта до одредишта, без обзира да ли се рачунари налазе на истој мрежи или се и друге мреже налазе између њих.**

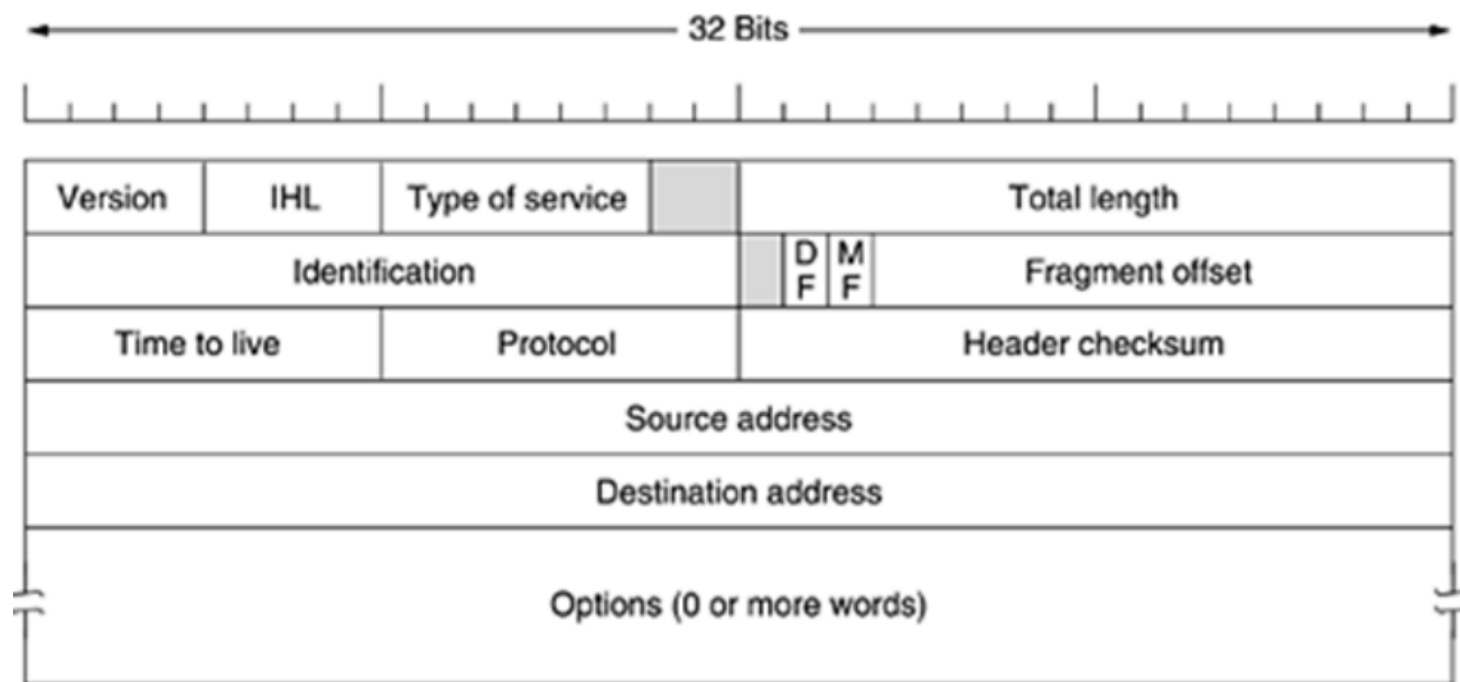
Мрежни слој на интернет

- Комуницира се тако што транспортни слој преузима токове података и дели их у датаграме величине до 64KB. Сваки датаграм се преноси Интернетом и успут можда дели на мање фрагменте. Када сви делови датаграма коначно стигну на одредиште, мрежни слој од њих склапа оригинални датаграм.
- На слици пакет од рачунара 1 до рачунара 2 пролази кроз 6 мрежа, а тај број је у пракси и већи.



Протокол IP

- IP датаграм садржи заглавље и део са подацима. Заглавље има фиксни део од 20 бајтова и опциони део променљиве дужине. Формат заглавља приказан је на слици, а преноси се “big-endian” редоследом.



Протокол IP

- ▶ **Version** (4 бита) - налази се верзија протокола којем припада датаграм. Тренутно актуелне су верзије 4 и 6 (IPv4 и IPv6).
- ▶ **IHL - Internet Header Length** - (4 бита) - бележи се дужина заглавља у 32-битним речима.
- ▶ **Type of service** (6 бита) - одређује квалитет услуге.
- ▶ **Total Length** (16 бита) - чува се укупна дужина датаграма, тј. заглавље + подаци. Максимална дужина је 65535 бајтова, али у пракси не прелази 1500 бајтова што је максимална дужина Ethernet оквира.
- ▶ **Identification** (16 бита) - одређује ком датаграму одговара пристигли фрагмент. Сви фрагменти истог датаграма имају исту идентификацију.

Протокол IP

- ▶ **DF (Don't Fragment)** (1 бит) - укључен ако датаграм не сме да се фрагментира.
- ▶ **MF (More Fragments)** (1 бит) - означава да још фрагмената треба да уследи.
- ▶ **Fragment offset** (13 бита) - дефинише редни број фрагмента.
- ▶ **Time to live** - ограничава трајање пакета на мрежи (почетно 255). Бројач смањује вредност при сваком скоку, као и при задржавању у реду. Постојање овог поља спречава појаву залуталих пакета који „вечно“ круже мрежом.
- ▶ **Protocol** - означава процес коме пакет треба предати.
- ▶ **Header checksum** - има исту функцију као у слоју везе - проверу исправности заглавља.
- ▶ **Options** - прихвата информације које носе новије верзије протокола. Овај процор омогућава да се испробају нове идеје и уграде опције које се ретко користе.
- ▶ Посебан одељак посвећен је IP адресама.

IP адресе

- ▶ Сваки рачунар и сваки рутер на Интернету имају своју **јединствену IP адресу** која обухвата број њихове мреже и број рачунара. Дужина адреса је 32 бита (4 бајта) и уклапа се у поља Source Address и Destination Address IP заглавља.
- ▶ Треба нагласити да се **IP адреса у ствари односи на мрежни интерфејс**, а не на рачунар! Дакле, рачунар са два NIC-а (Network Interface Controller) има две IP адресе.
- ▶ Рачунари повезани на интернет могу послати податке одређеној IP адреси, а рутери и gateway обезбеђују доставу поруке.

IP адресе

- ▶ IP адресе могу бити јавне и приватне. Јавне се могу користити на интернету. Приватне IP адресе су намењене мрежама које нису директно повезане на интернет и не могу се користити на интернету.
- ▶ IP адреса се састоји из два дела:
 - ▶ Део који представља адресу IP мреже (исти за све рачунаре на једној IP мрежи)
 - ▶ Део који представља адресу рачунара (јединствен за сваки рачунар)

Типови IP адреса

► Unicast

- Користе се за комуникацију 2 учесника по једној вези. Сваки пакет се доставља једном одредишном рачунару.

► Multicast

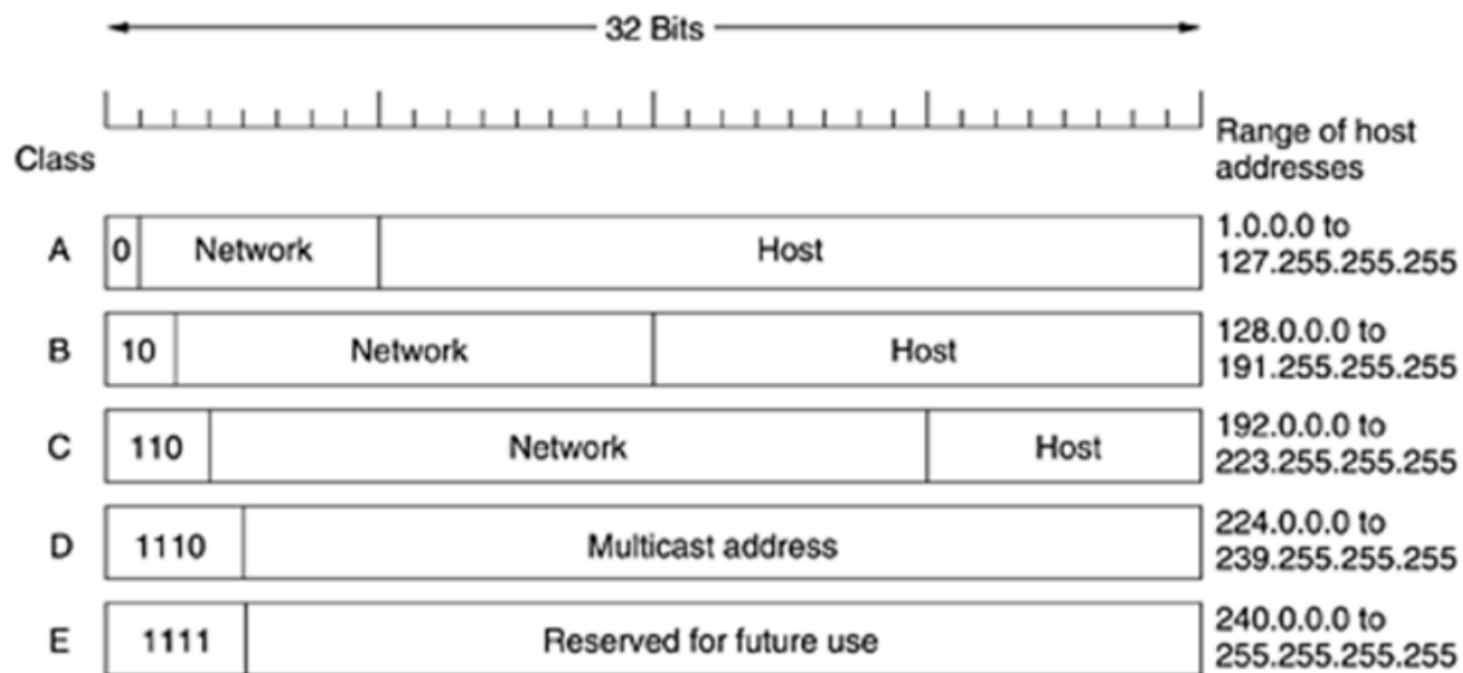
- Омогућава да се једна информација проследи на више адреса, али не свим адресама (као код бродкаст-а). Користи класу D IPv4 адреса у опсегу 224.0.0.0 до 239.255.255.255 при чему најнижих 28 бита формира ID мултицаст групе. Користе се одговарајући рутери који имају могућност прослеђивања мултицаст пакета. Мултицаст се користи нпр. код видео конференција.

► Broadcast

- Једна информација се прослеђује свим рачунарима у мрежи. Тако нпр. Адреса 255.255.255.255 представља адресу тзв. ограниченог бродкаст-а. Она показује свим рачунарима у LAN-у да треба да приме поруку. Ограничена је утолико што се бродкаст односи на LAN, а не на цели Интернет.

Класе IP адреса

- Класа IP адресе и мрежна маска дефинишу који део адресе представља адресу мреже, а који адресу хост-а. Разликују се 5 класа IP адреса. Класа IP адресе је дефинисана са прва 4 бита адресе.



IP адресе - класа А

Klasa A - NNNNNNNN.rrrrrrrrrr.rrrrrrrrrr.rrrrrrrrrr

- ▶ Код ове класе први бајт адресе представља мрежу (N), а преостала три бајта хост рачунар (n). То значи да је укупан могући број мрежа 128 са по 16 милиона рачунара.
- ▶ IP адреса која почиње бројевима између 0 и 127 је адреса класе A.
- ▶ Ове адресе су бинарног облика 0*****.x.y.z, опсег им је 1.0.0.0-126.255.255.255 (0.x.y.z и 127.x.y.z су резервисане)

IP адресе - класа B

Klasa B - NNNNNNNN.NNNNNNNN.nnnnnnnnn.nnnnnnnnn

- ▶ Код ове класе прва два бајта адресе представља мрежу, а преостала два бајта Host рачунар. То значи да је укупан могући број мрежа 16384 са по 64K рачунара.
- ▶ IP адреса која почиње бројевима између 128 и 191 је адреса класе B.
- ▶ Ове адресе су бинарног облика 10*****.x.y.z, опсег им је 128.0.0.0-191.255.255.255, прва два октета представљају адресу ID мреже

IP адресе - класа C

Klasa C - NNNNNNNN.NNNNNNNN.NNNNNNNN.nnnnnnnn

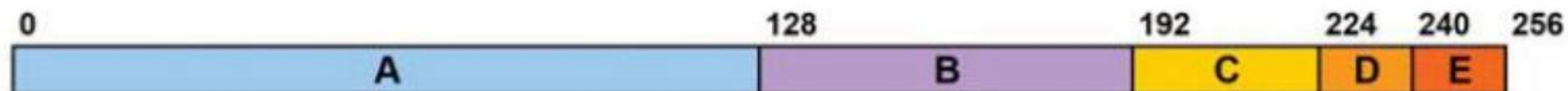
- ▶ Код ове класе прва три бајта адресе представља мрежу, а последњи бајт Host рачунар. То значи да је укупан могући број мрежа 2 милиона са по 256 рачунара.
- ▶ IP адреса која почиње бројевима између 192 и 223 је адреса класе C.
- ▶ Ове адресе су бинарног облика 110^{****} .x.y.z, опсег им је 192.0.0.0-223.255.255.255, прва три октета представљају адресу мреже

IP адресе - класа D и E

- ▶ За класу D је опсег од 224-239 и за класу E од 240 до 255.
- ▶ Бинарни облик адреса класе D је $1110^{****}.x.y.z$
- ▶ Бинарни облик адреса класе E је $11110^{***}.x.y.z$
- ▶ D,E се ређе користе. Класа D служи за Multicast адресе а класа E је резервисана.

Класе IP адреса

A	start	0	0	0	0	00000000	00000000	00000000	00000000
	end	127	255	255	255	01111111	11111111	11111111	11111111
B	start	128	0	0	0	10000000	00000000	00000000	00000000
	end	191	255	255	255	10111111	11111111	11111111	11111111
C	start	192	0	0	0	11000000	00000000	00000000	00000000
	end	223	255	255	255	11011111	11111111	11111111	11111111
D	start	224	0	0	0	11100000	00000000	00000000	00000000
	end	239	255	255	255	11101111	11111111	11111111	11111111
E	start	240	0	0	0	11110000	00000000	00000000	00000000
	end	255	255	255	255	11111111	11111111	11111111	11111111



IP адресе

- ▶ На интернету је данас повезано преко $5 \cdot 10^5$ мрежа и тај број расте.
- ▶ Мрежне адресе обично се пишу **децималном нотацијом с тачком**, нпр. 147.91.204.77. Бројеви иду од 0 до 255.
- ▶ Вредности све нуле и све јединице имају специјално значење

IP адресе

- ▶ Адресу 0.0.0.0 користе рачунари у фази укључивања.
- ▶ IP адреса са бројем мреже 0 означава текућу мрежу.
- ▶ Адреса која се састоји од самих јединица омогућава дифузно слање пакета свим хостовима на сопственој мрежи
- ▶ Четврта варијанта у табели шаље пакет свим Host-овима на удаљеној мрежи.
- ▶ Коначно, 127.x.y.z резервисане су за тестирање повратном петљом (Localhost или 127.0.0.1).

0 0																																This host
0 0				...				0 0				Host																A host on this network				
1 1																																Broadcast on the local network
Network								1 1 1 1				...				1 1 1 1				Broadcast on a distant network												
127				(Anything)																												Loopback

IP адресе - пример 1

- ▶ IP адреса представљена као: 10001100.10110011.11110000.11001000 $\Leftrightarrow$ 140.179.240.200 припада класи B
- ▶ Мрежна адреса за дату IP адресу се дефинише тако што се сви бити адресе рачунара поставе на “0”.
- ▶ 10001100.10110011.00000000.00000000 $\Leftrightarrow$ 140.179.0.0 представља мрежну адресу
- ▶ Уколико све бите адресе Host-а поставимо на “1”, добијамо Broadcast адресу (у нашем случају 140.179.255.255)

Мрежне маске

- ▶ Примена мрежне маске на IP адресу омогућава идентификацију дела те адресе који се односи на мрежу и дела који се односи на рачунар.
- ▶ Применом операције логичко AND између IP адресе и мрежне маске добија се адреса мреже.
- ▶ Свака класа IP адреса има дефинисану мрежну маску
 - ▶ Маска подмреже за класу A адреса: 255.0.0.0
 - ▶ Маска подмреже за класу B адреса: 255.255.0.0
 - ▶ Маска подмреже за класу C адреса: 255.255.255.0

IP адресе - пример 2

- ▶ 10001100.10110011.11110000.11001000 - 140.179.240.200 : Класа В
- ▶ 11111111.11111111.00000000.00000000 - 255.255.0.0 : Маска класе В
- ▶ 10001100.10110011.00000000.00000000 - 140.179.0.0 : Мрежна адреса

Подмрежавање

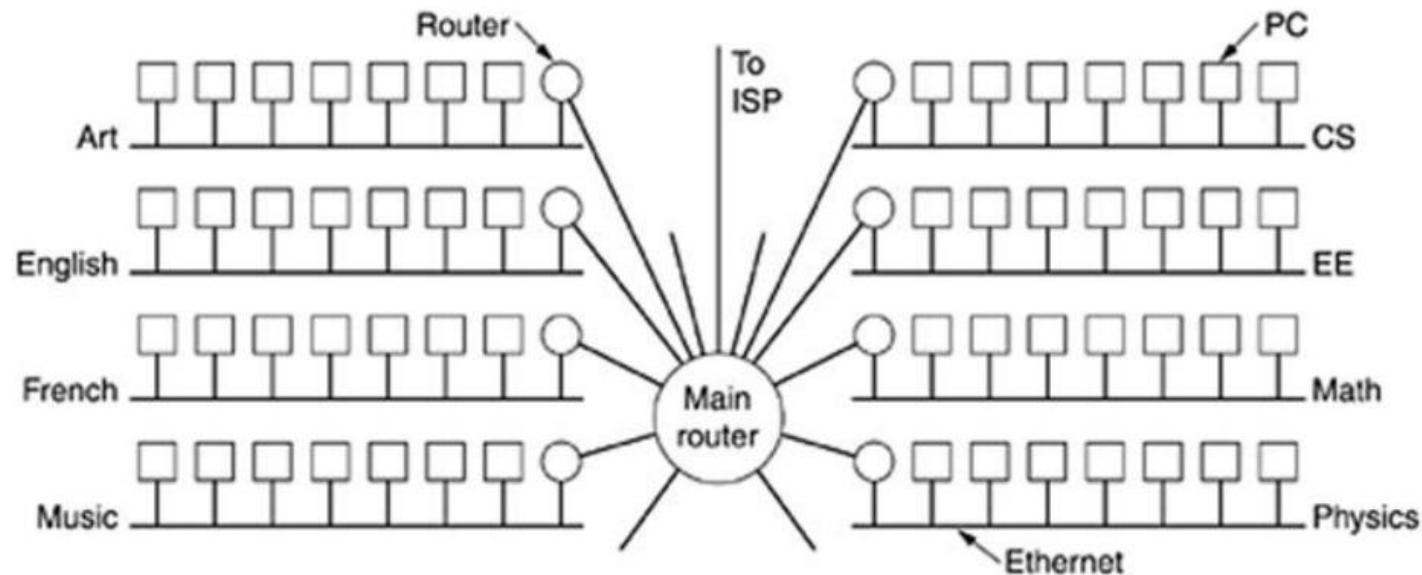
- ▶ Као што је већ објашњено, сви рачунари на истој мрежи морају имати исти мрежну адресу. То правило адресирања може створити проблеме приликом раста мрежа.
- ▶ Примера ради, сви универзитети у Србији су део једне велике мреже класе В (147.91.*.*), што се лако види из бинарног записа $147_{10} = 10010011_2$. Међутим, то није јединствена Ethernet мрежа, већ скуп већег броја мањих мрежа.

Подмрежавање

- ▶ За одређену класу могу се додати додатни битови мрежној масци који се могу користити за дефинисање додатних подмрежа. Када се примени операција логичко AND између тако дефинисане мрежне маске и IP адресе добија се адреса подмреже (назива се још мрежна адреса или мрежни број).
- ▶ Све нуле и све јединице у адреси рачунара се не користе (све 0 се користе да одреде адресу мреже, а све 1 за Broadcast).

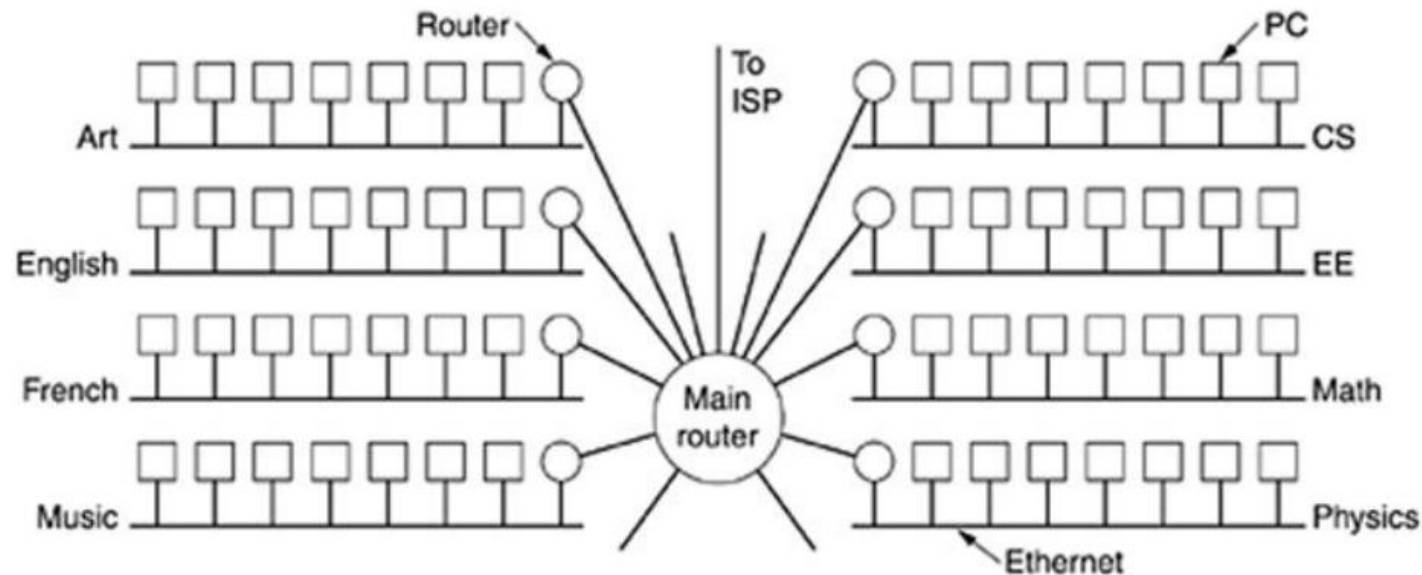
Подмреже

- Типична мрежа на једном универзитету изгледа као на слици. Свака локална мрежа је са главним рутером повезана преко свог локалног рутера.
- У литератури се делови велике мреже (у овом случају то су појединачне Ethernet мреже) називају подмрежама (subnets).



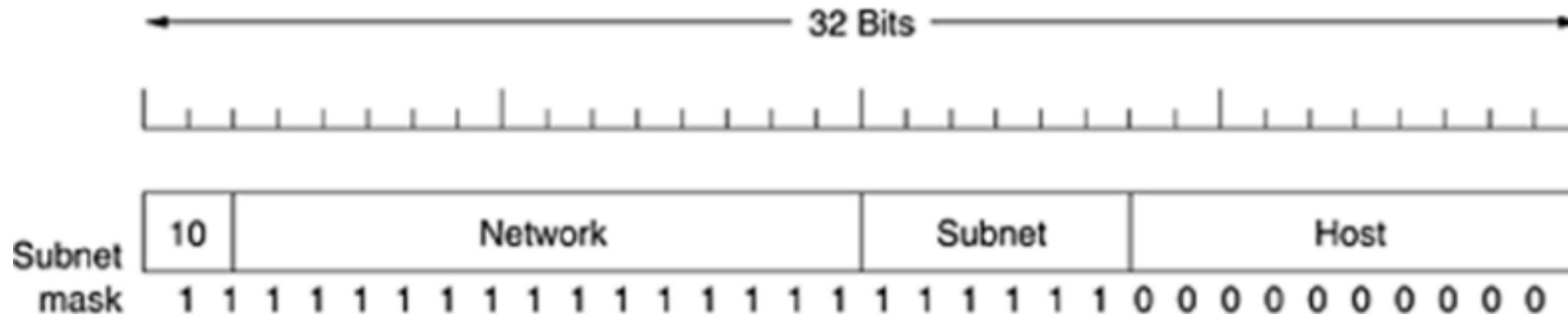
Подмреже

- Када IP пакет стигне до главног рутера (Main router на слици), како он да зна где да га пошаље? Један од начина би био да главни рутер садржи 65536 одредница за сваки рачунар/рутер на мрежи класе В. Међутим, ту огромну табелу би било доста незахвално одржавати. Примера ради, то би било као када би за сваки нови рачунар на ПМФ-у у Крагујевцу морао да се контактира администратор главног рутера на Универзитету у Београду.



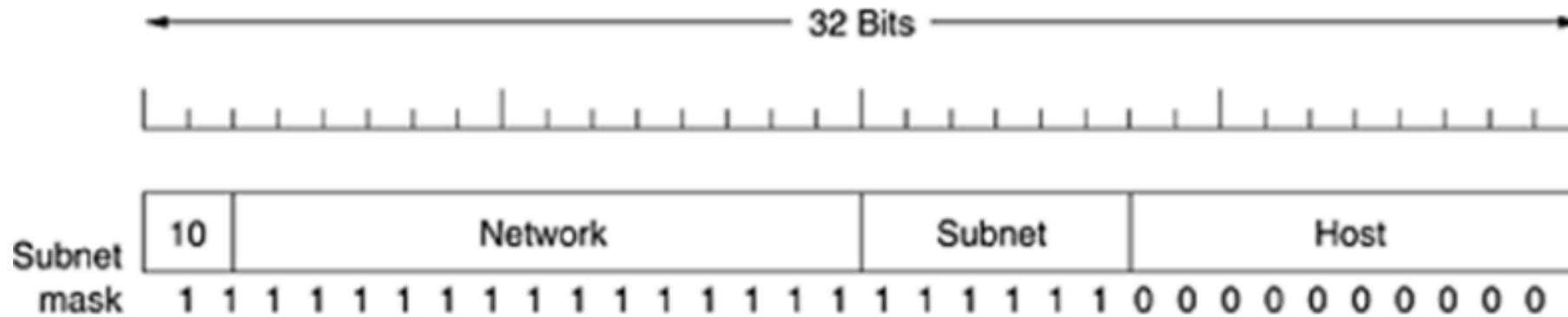
Подмреже

- У пракси се ради другачије. Уместо да се задржи јединствена адреса класе В са 14 битова за мрежу и 16 за рачунар, од рачунарских битова се део узима за означавање подмреже. На пример, узме се 6 битова за подмрежу, а остане 10 битова за рачунар, као на слици.



Подмреже

- ▶ На примеру са слике могуће су $2^6 = 64$ подмреже са по $2^{10} - 2 = 1022$ рачунара (све нуле и све јединице на месту Host-ова су резервисани)



IP адресе - пример 3

10001100.10110011.11011100.11001000 140.179.220.200 IP адреса

11111111.11111111.11100000.00000000 255.255.224.0 Подмрежна маска

10001100.10110011.11000000.00000000 140.179.192.0 Подмрежна адреса

10001100.10110011.11011111.11111111 140.179.223.255 Broadcast адреса

- ▶ У овом примеру се користе додатна 3 бита подмрежне маске. Са оваквом маском може се дефинисати 8 подмрежа (2^3). Свака подмрежа може имати 8190 рачунара ($2^{13} - 2$).
- ▶ Оваквим подмрежавањем се може дефинисати $8 * 8190 = 65520$ рачунара (од укупно 65534 рачунара за В класу без подмрежавања)
- ▶ Значи да се подмрежавањем смањује број могућих рачунара за посматрану мрежу.

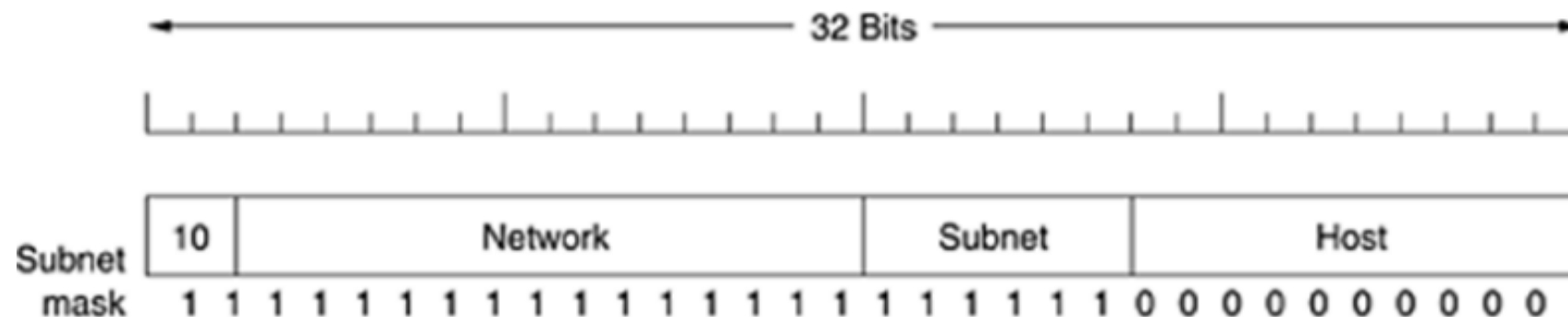
IP адресе - пример 4

- У примеру са слике, прва подмрежа би могла користити IP адресе почев од 147.91.4.1, друга би почела од 147.91.8.1, трећа од 147.91.12.1 итд.

Subnet 1: 10010011 01011011 000001|00 00000001

Subnet 2: 10010011 01011011 000010|00 00000001

Subnet 3: 10010011 01011011 000011|00 00000001



IP адресе - пример 5

- ▶ Претпоставимо да имамо мрежну адресу класе С 200.133.175.0 и да желимо ту мрежу употребити за више малих група унутар организације. То ћемо урадити подмрежавањем мреже. Задатак је направити 14 подмрежа са по 14 рачунара.
 - ▶ Мрежу ћемо поделити у 14 подмрежа, при чему свака подмрежа може имати 14 рачунара. Тиме ће укупан број рачунара који можемо имати у мрежи бити 196 (од 254 које би имали кад не би користили подмрежавање), али смо на овај начин извршили изолацију саобраћаја и обезбедили виши ниво сигурности. Да бисмо то урадили морамо користити подмрежну маску дужине 4 бита.
- ▶ Мрежна маска класе С је:
255.255.255.0 (11111111.11111111.11111111.00000000)
- ▶ Ако додамо 4 бита добијамо:
255.255.255.240 (11111111.11111111.11111111.11110000)

IP адресе - пример 5

- Израчунавање се започиње одређивањем мрежне адресе, која се добија као AND операција над бинарним вредностима IP адресе и подмаске:

AND	IP adresa (IP address):	11001000.10000101.10101111.00000000	200.133.175.000
	Podmaska (Subnet mask):	11111111.11111111.11111111.11110000	255.255.255.240
	Mrežna adresa (Network address):	11001000.10000101.10101111.00000000	200.133.175.000

- Након израчунавања мрежне адресе, бинарном операцијом XOR (ексклузивна OR операција) примењеном над мрежном адресом и комплементом подмаске, добија се Broadcast адреса:

	Mrežna adresa (Network address):	11001000.10000101.10101111.00000000	200.133.175.000
XOR	Komplement podmaske:	00000000.00000000.00000000.00001111	255.255.255.240
	Broadcast address:	11001000.10000101.10101111.00001111	200.133.175.015

IP адресе - пример 5

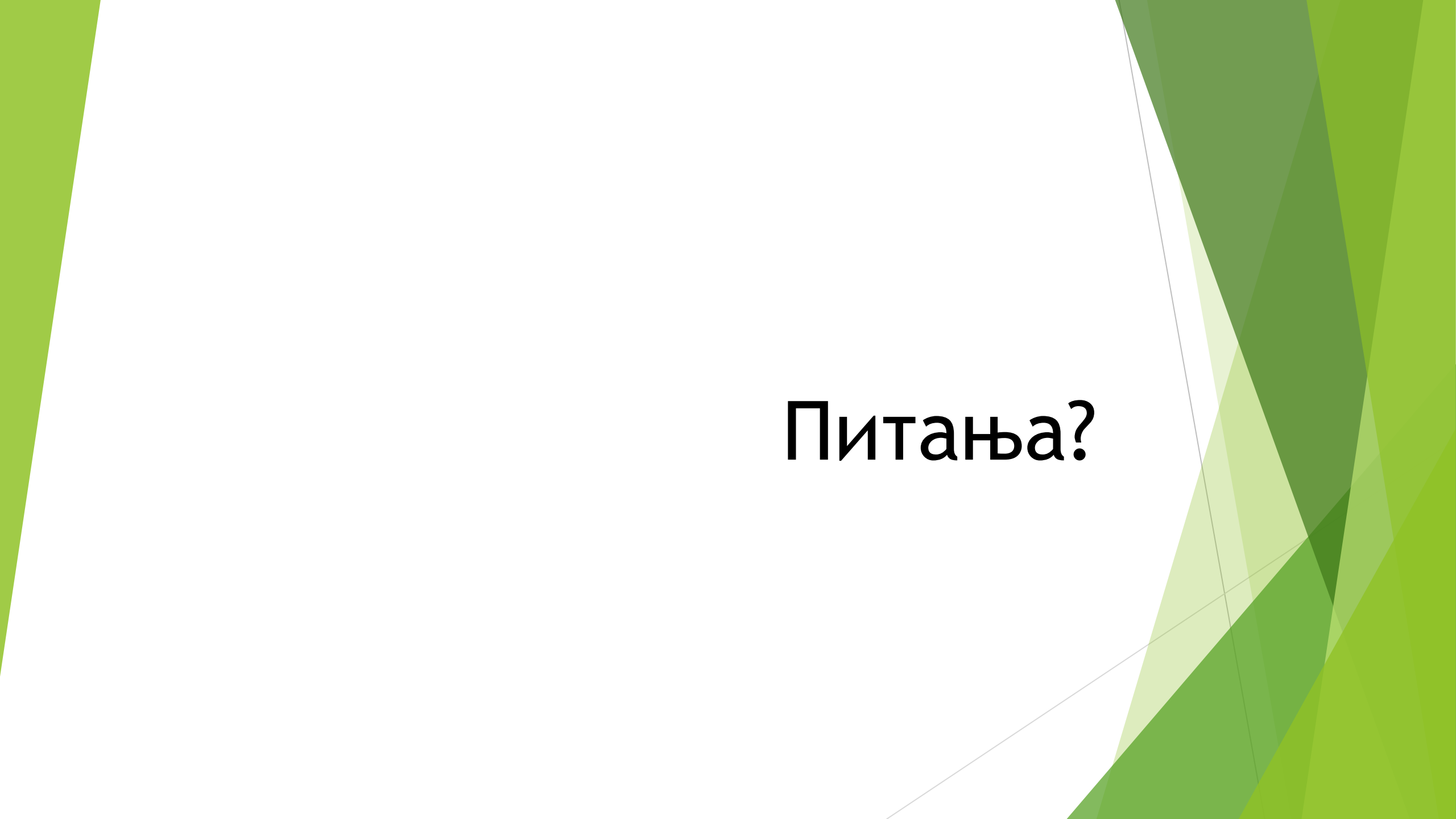
Network	Hosts (from – to)	Broadcast Address
200.133.175.000	200.133.175.001 – 200.133.175.015	200.133.175.015
200.133.175.016	200.133.175.017 – 200.133.175.030	200.133.175.031
200.133.175.032	200.133.175.033 – 200.133.175.046	200.133.175.047
200.133.175.048	200.133.175.049 – 200.133.175.062	200.133.175.063
200.133.175.064	200.133.175.065 – 200.133.175.078	200.133.175.079
200.133.175.080	200.133.175.081 – 200.133.175.094	200.133.175.095
200.133.175.096	200.133.175.097 – 200.133.175.110	200.133.175.111
200.133.175.112	200.133.175.113 – 200.133.175.126	200.133.175.127
200.133.175.128	200.133.175.129 – 200.133.175.142	200.133.175.143
200.133.175.144	200.133.175.145 – 200.133.175.158	200.133.175.159
200.133.175.160	200.133.175.161 – 200.133.175.174	200.133.175.175
200.133.175.176	200.133.175.177 – 200.133.175.190	200.133.175.191
200.133.175.192	200.133.175.193 – 200.133.175.206	200.133.175.207
200.133.175.208	200.133.175.209 – 200.133.175.222	200.133.175.223
200.133.175.224	200.133.175.225 – 200.133.175.238	200.133.175.239
200.133.175.240	200.133.175.241 – 200.133.175.254	200.133.175.255

Бескласно рутирање

- ▶ Највећи расипник је, конкретно, класа В јер је за већину фирми С класа (256 адреса) премала, док је 65536 адреса класе В довољно и за будућа проширења. У стварности, класа В је превелика за већину организација. Испитивања су показала да чак половина мрежа класе В има мање од 50 рачунара!
- ▶ Решење које је реализовано и које је омогућило да се бар неко време предахне је бескласно међудоменско усмеравање (CIDR-Classless Inter Domain Routing). Основна замисао је да се преостали недодељени простор подели у блокове различите величине, не водећи рачуна о класама.
- ▶ Техничко изведба ради на следећи начин. Свака одредница рутинг табеле се проширује 32-битном маском која се користи за ближе одређивање рутирања.

Бескласно рутирање

- ▶ CIDR - Classless Inter Domain Routing
- ▶ IP протокол верзије 4 се користи већ деценијама, међутим, у последње време се јавља проблем недостатка адреса. Опште решење овог проблема је прелазак на IPv6 протокол који користи 128-битне адресе.
- ▶ Међутим, шта је главни узрок проблема? Неефикасно коришћење постојећег адресног простора чији је главни кривац организација у класе.

The background features abstract, overlapping green geometric shapes, primarily triangles and polygons, in various shades of green, creating a modern, layered effect. The shapes are concentrated on the left and right sides of the frame, leaving a central white area.

Питања?